



UNIVERSITY
OF TAMPERE

This document has been downloaded from
TamPub – The Institutional Repository of University of Tampere



Publisher's version

The permanent address of the publication is
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:uta-201510022328>

Author(s):	Favorin, Jukka
Title:	3D-mallintaminen ja -tulostaminen
Main work:	Monilukutaito kaikki kaikessa
Editor(s):	Kaartinen, Tapani
Year:	2015
Pages:	207-218
ISBN:	978-951-44-9847-3
Publisher:	Tampereen yliopiston normaalikoulu
Item Type:	Article in Compiled Work
Language:	fi
URN:	URN:NBN:fi:uta-201510022328

All material supplied via TamPub is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorized user.

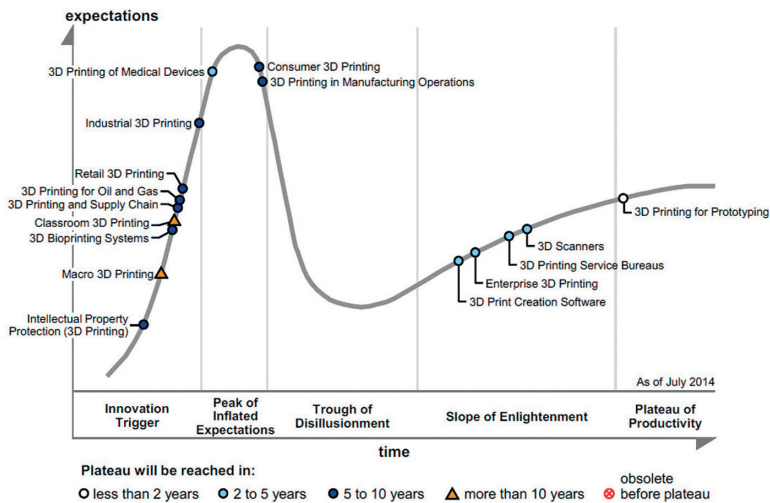
3D-MALLINTAMINEN JA -TULOSTAMINEN

Teknologisesta kehityksestä

Viime vuosien teknologinen kehitys useallakin eri alalla on ollut nopeaa. 3D-tulostukseen liittyvä perusteknologia ei ole mikään uusi keksintö mutta on ollut yksi nopeimmin kehittyvistä teknologioista niin teolliseen tuotantoon kuin arkipäivän kotitalouskäyttöön tähtäävänä. Nykyisin ja lähitulevaisuudessa 3D-tulostamista käytetään teollisuudessa tuotekehityksessä ja yksittäiskappaleiden valmistamisessa. Suomessakin esimerkiksi Kalevala Koru Oy on käyttänyt 3D-tulostimia jo yli 15 vuoden ajan korujen suunnitteluprosessissa (Pelkonen 2014, 14). Viime vuosina tulostimien kehittymisen myötä niitä on alettu hyödyntää myös tuotannossa. Yrityksen koruja voi nykyään tilata myös muovisina 3D-tulosteina suomalaisen 3D-tuotteiden verkkokauppa Launzer:n kautta (ks. www.launzer.com).

Kotitalouksissa tulostimia on lähinnä innovaattoreiden ja harrastajien käytössä. Tutkimuslaitos Gartnerin ennusteiden mukaan 2020-luvun alkupuolella 3D-tulostimet olisivat saavuttaneet laajemman kuluttajatasen ja laajemman koulukäytön 2020-luvun loppupuolella. (Gartner 2014)

Figure 1. Hype Cycle for 3D Printing, 2014



Source: Gartner (July 2014)

Kuvio 1. Hype Cycle for 3D printing (Gartner 2014).

Tulostusmateriaaleista ja -teknologioista

Eniten käytössä olevat tulostusmateriaalit ovat erilaiset muovit ja metallit. Muoveista käytössä ovat termo-plastiset muovit, joita käytetään muovipursotustulostimissa muovia lämmittämällä ja sitä suuttimen läpi pursottamalla. Tässä tulostustavassa muovia pursotetaan kappaleeseen ohuina kerroksina kerrospaksuuden ollessa 0,1-0,4 mm. Sula muovi tarttuu edelliseen tulostuskerrokseen ja jäähtyessään kovettuu jälleen kiinteäksi. Toinen muoveja käyttävä tulostusteknologia on stereolitografia, jossa käytetään valon avulla kovetettavaa polymeeriliuosta. Metalleja tulostavat tulostimet ovat pääsääntöisesti lasersintrausta hyödyntäviä, ja niissä raaka-aineena käytetään hienojakoista metallijauhetta. 3D-tulostamiseen soveltuvat myös esimerkiksi hiilikuitu, hiilikuitu-muovi -seokset ja vaikkapa suklaa.

Oma tulostusmateriaalien kehittämissuuntansa on lääketiede. Tällä hetkellä lääketieteessä 3D-tulostusta käytetään lähinnä erilaisten yksilöllisten implanttien valmistamisessa. Esimerkiksi hammaslääketieteessä 3D-mallintamisen ja tulostamisen avulla voidaan saavuttaa nykyisiä parempia hoitotuloksia (Salmi 2013, 6). Voimakas nykyinen kehittämissuunta on elävien materiaalien tulostaminen, esimerkkinä verisuonet ja lihakset.

3D-mallista valmiiksi esineeksi

Esineen mallintaminen tehdään 3D-mallinnusohjelmalla. Soveltuvia ohjelmia on sekä ilmaisia että maksullisia. Perusopetuksessa ja lukio-koulutuksessa riittäviä ovat ilmaisohjelmat, esimerkiksi Tinkercad, 123D Design ja SketchUp, niin kuin myös 2D-vektorigrafiikkaohjelma InkScape. Ammattitason CAD-suunnitteluohjelmistakin on oppilaitosten ja opiskelijoiden saatavilla maksuttomia joko täys- tai opiskelijaversioita. Näitä ovat esimerkiksi kotimainen Vertex, Siemensin Solid Edge ja Autodeskin ohjelmistot.

Esineen mallintaminen tapahtuu geometrysten tasoluonnosten (Sketch) ja/tai peruskappalemallien avulla. Olennaista suunnitteluvaiheessa on hahmottaa esineiden muodostuvan useista erilaisista perusmuodoista, joita ohjelmallisesti muotoillaan, yhdistellään tai erotellaan. Etenkin kappaleiden käyttäminen materiaalia poistavana elementtinä, yksinkertaisimmillaan reiän tekeminen esineeseen, on yksi tärkeimmistä perustason mallintamistaidoista. Mallinnusohjelmien ominaisuuksia hyödyntämällä pystytään luomaan hyvinkin monimuotoisia kappaleita. Esimerkiksi 123D Design -ohjelman Loft-toiminnolla saadaan muodostettua kappale mallinnettujen leikkaustasojen avulla, Shell-toiminnon avulla taas saadaan umpinainen kappale tehtyä helposti ontoksi. Näiden toimintojen avulla esimerkiksi tyylikkään kukkamaljakon mallintaminen onnistuu kätevästi.

Jotta mallinnettu kappale pystytään tulostamaan, on se tallennettava stl -tiedostona. Stl-tiedostossa kappaleen pinta on kolmioitu

(vrt. tesselaatio), ovathan avaruuden mitkä tahansa kolme pistettä aina samassa tasossa. Mitä pienempiin kolmioihin kaarevat pinnat ovat jaettu, sitä tarkempi tulostetustakin esineestä saadaan. Stl-tiedosto sisältää tiedon jokaisen kolmion kärkipisteistä ja yksikkövektorista. Mallinnetun esineen pinta esitetään siis vektorigrafiikkatiedostona ja tulostusvaiheessa kappaleen mittakaava voidaan vapaasti valita.

Ennen tulostamista tulostinta ohjaava ohjelma suorittaa esineen viipaloinnin ja muodostaa tulostimen toimintaa ohjaavan g-koodin. G-koodi sisältää tiedon tulostusalustan (x- ja y-akselit) ja suuttimen (z-akseli) liikkeestä, tulostusmateriaalin kuumentamisesta ja syötön nopeudesta.

Kappaleiden tulostaminen nykytekniikalla on suhteellisen hidasta, pienehkönkin kappaleen tulostamiseen kuluu aikaa helposti useampi tunti. Toisaalta useammankin kappaleen voi tulostaa samanaikaisesti. Tällöin tulostusprojektiin tuodaan useampi stl-tiedosto, joista muodostetaan yhteinen g-koodi. Kriittistä tulostuksen onnistumisessa on kappaleen tarttuminen tulostuspintaan, PLA-muovilla tämä ei ole niinkään ongelmallista verrattuna esimerkiksi ABS-muoviin.

Tulostamisen jälkeen esineitä voidaan jatkokäsitellä tulostusmateriaalista riippuen esimerkiksi hiomalla, kemiallisella käsittelyllä ja vaikkapa maalaamalla.

3D-mallintaminen abstraktin ajattelun ja spatiaalinen hahmottamiskyvyn vahvistajana

Abstraktin ajattelun kehittyminen on yksi perusopetuksen ja lukiokoulutuksen kulmakivistä. Etenkin laadukkaalla matematiikan opetuksella pystytään tarjoamaan oppilaille ja opiskelijoille mahdollisuus kehittää ja syventää abstraktion tasoa. Vaikka nyky-yhteiskunta on tietoa pullollaan, vieläpä muutaman klikkauksen tai pyyhkäisyn päässä, pelkkä tiedon olemassaolo ei vie kehitystä eteenpäin. Uusien innovaatioiden syntyminen vaatii abstraktin tason jäsentynyttä ajattelua ja sitä esimerkiksi koulun matematiikan opetuksen pitää pystyä kehittämään.

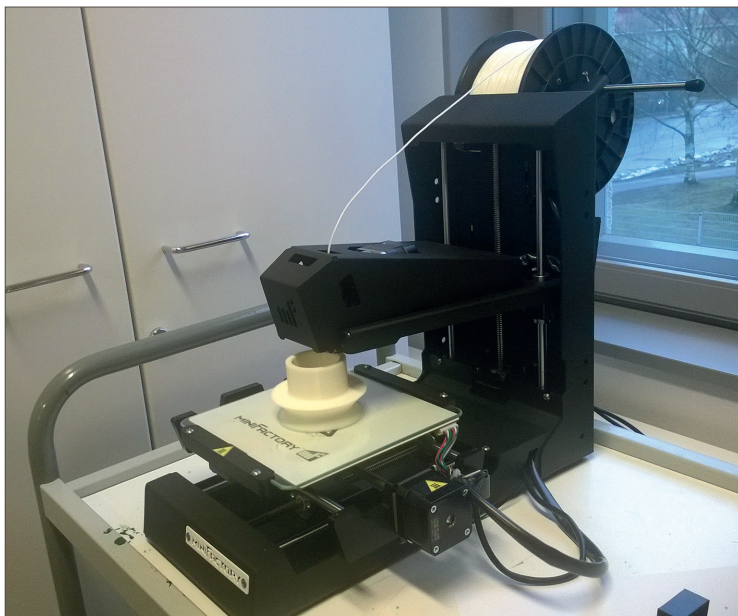
Lasten ja nuorten visuospatiaalisen hahmotuskyvyn kehittyminen on yksilöllistä, ja siinä yksilöiden välillä voi olla suuriakin eroja. Osa lapsista ja nuorista kärsiikin tämän hahmotuskyvyn heikkoudesta. Kuitenkin erilaisten muotojen ja kappaleiden hahmottamiskyvyn tärkeys ei ainakaan vähene yhteiskunnan digitalisoitumisen edetessä. Kaksiulotteisten kuvioiden ja kolmiulotteisten kappaleiden hahmottamiskyky kehittyy jo varhaislapsuudessa ja häiriöt tässä kyvyssä kulkevat rinnan oppimisvaikeuksien kanssa. Tyypillisimmillään oppimisvaikeudet havaitaan matematiikassa ja kirjallisen ja kuvallisen materiaalin ymmärtämisessä. (Niilo Mäki instituutti 2014)

3D-mallintamisen harjoittelulla pyritään tukemaan lasten ja nuorten kykyä abstraktin ajattelun ja spatiaalisen hahmottamiskyvyn kehittymistä. Aloittamalla yksinkertaisilla mallinnusohjelmilla oppilas pystyy etenemään suhteellisen yksinkertaisista malleista monimutkaisempiin. Oppilaan itse suunnitteleman kappaleen tulostaminen oikeaksi kappaleeksi antaa hänelle konkreetin palautteen oman ajattelun, suunnittelun ja mallinnusprosessin onnistumisesta.

3D-tulostaminen Tampereen yliopiston normaalikoulussa

Tampereen yliopiston normaalikoulussa on ollut 3D-tulostin käytössä syksystä 2013 lähtien. Ensimmäinen toimintavuosi tulostimen kanssa oli luonteeltaan kokeileva. Kokeilujen jälkeen kouluun hankittiin toinenkin tulostin syksyllä 2014. Molemmat tulostimet ovat kotimaisen MiniFactoryn muovipursotustulostimia. Tulostusmateriaalina käytettiin ensimmäisenä vuotena ABS (Akryylinitriilibutadieenisytireeni) -muovia. ABS-muovin hieman hankalien ominaisuuksien vuoksi syksyllä 2014 siirryttiin käyttämään PLA (Polylaktidi) -muovia. Näistä muoveista ABS on kovempaa ja kestävämpää, mutta tulostusominaisuuksiltaan vaativampaa. PLA on biohajoava materiaali, jonka valmistuksessa on käytetty mm. maissitärkkelystä.

3D-mallintaminen ja -tulostaminen on mukana matemaattisten aineiden opetusharjoittelijoiden oppiainekohtaiseksi sisältönä yhtenä me-



Kuvio 2. MiniFactory 3-tulostin

neillä olevana opetuksen kehittämishankkeena. Osa opetusharjoittelijoista perehtyy aiheeseen syvällisemminkin ja opetusharjoitteluun kehitetyn vertaisoppimismallin avulla tietämystä ja osaamista saadaan helposti jaettua. Työelämään siirtyessään tietämys ja osaaminen asiasta leviää luonnollista kautta yhä useampaan suomalaiseen kouluun.

Toteutettuja oppilastoita

Avaimenperä

Työ sopii hyvin ensimmäiseksi suunnittelu-, mallinnus- ja tulostamisprojektiksi. Suunnittelu on ajankäytöllisesti tehokasta ja suunnitelman tekeminen esimerkiksi kynällä ja paperilla ei tuota suuria vaikeuksia. Työssä pääsee tutustumaan 3D-mallinnusohjelman perustoimintoihin

ja itse mallintaminenkaan ei vie kohtuuttomasti aikaa. Työ soveltuu hyvin kaikenikäisille toimijoille. Tulostamisvaihekin on kouluympäristöön hyvin soveltuva, koska tulostaminen ei moneen muuhun työhön verrattuna kestä kauaakaan. Näin ollen oppilas tai opiskelija saa valmiin tuotoksen käsiinsä parhaassa tapauksessa jo saman oppitunnin aikana.

Koruprojekti

Työ sopii hyvin kouluympäristöön, koska se mahdollistaa monenlaiset ja -tasoiset toteutukset. Taidoiltaan ja kyvyiltään heikommät oppilaat pystyvät toteuttamaan esimerkiksi yksinkertaisen kaulakorun. Abstraktimpaan ajatteluun ja vaativampaan suunnitteluun ja mallintamiseen kykenevät taas voivat tehdä hyvinkin monimutkaisia suunnittelu- ja mallinnusprosesseja. Työssä pystyy myös hyvin yhdistämään 2D-piirtämisen, 2D-vektorigrafiikan ja 3D-grafiikan toisiinsa. Samalla tässä yhteydessä on oiva tilaisuus käsitellä laajemminkin kappaleiden pintojen kolmiointia ja 3D-mallien muodostumista vektorigrafiikan avulla. 3D-mallithan ovat tiedostokooltaan suhteellisen pieniä, koska mallit itse asiassa sisältävät vain numeerista tietoa pinnan kolmioinnin määräämistä vektoreista. Lukiolaisten kanssa tämä tukee matematiikan opintojen vektoreita käsitteleviä osioita.

Älypuhelimien kuoret

Moni puhelinvalmistaja on julkaissut puhelimiensa kuorien tekemistä varten joko suoraan 3D-malleja tai sitten niiden suunnittelemiseen tarvittavat tarkat mitat. Oppilastyönä onkin mielekästä tehdä kuoriin omat personoinnit ja saada näin konkreetti esimerkki 3D-tulostuksen vahvuudesta yksittäiskappaleiden valmistusteknologiana.

Litofaanit

The Blair Museum of Lithophanes –museon mukaan ensimmäiset litofaanit Euroopassa tehtiin 1800-luvun alkupuolella. Tuolloin materiaalina olivat vahamuotit ja posliini. 3D-tulostimella saman pystyy tekemään muovista. Värivalokuva muutetaan ensin mustavalkoiseksi (tai oikeastaan harmaasävykuvaksi) ja kuvasta luetaan kunkin kuvapisteen harmaasävyyn väriarvo. Mitä tummempi väri, sitä paksumpi kerros tulosteeseen tulostetaan muovia. Lopputuloksessa taustavalon kanssa kuva on hyvinkin selkeä. Oppilastyöhön sisältyy myös pienen rasian suunnittelu, mallintaminen ja tulostaminen. Rasian etutahkoksi asetetaan litofaani ja kuvan taakse rasian sisälle led-valot paristoinen.

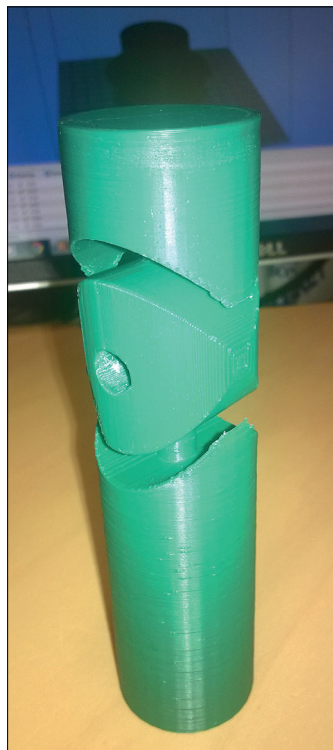


Kuvio 3. Litofani, Jukka Favorin

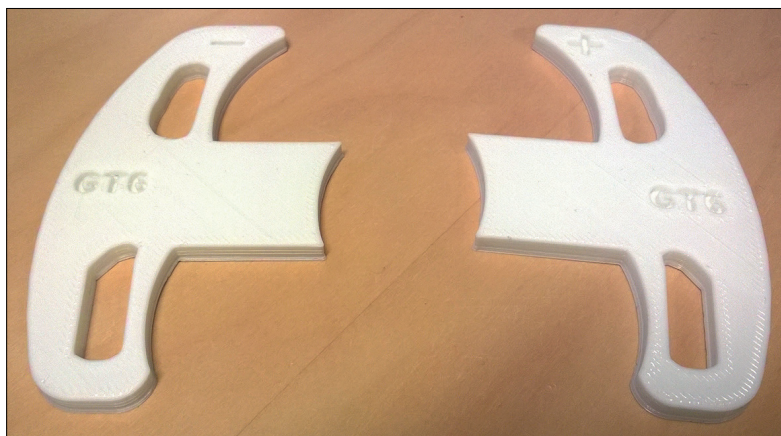
Matematiikan tehtävien havainnollistaminen

3D-tulostin ja mallinnusohjelmat mahdollistavat uuden tavan havainnollistaa esimerkiksi matematiikan tehtäviä. Opettaja voi itse mallintaa tehtävissä esiintyviä kappaleita 3D-malleiksi ja tuoda mallit oppilaiden ja opiskelijoiden tarkasteltaviksi. Toisaalta myös oppilaat ja opiskelijat voivat itse tehdä mallinnuksia, vaikkapa pyörähdyskappaleita. Esimerkiksi juomamukin voi kyllä suhteellisen helposti suunnitella mallinnusohjelman valmiin ympyräkartion katkaisemalla. Tämä vaatii tietynasteista ongelmanratkaisutaitoa, mutta saman kappaleen muodostaminen pystyakselin ympäri pyörähtävän tasokuvion avulla tuo suunnitteluprosessin seuraavalle abstraktiotasolle. Edelleen, jos suunniteltavalle mukille asetetaan vielä esimerkiksi tietty tilavuus, päästään hyvinkin monitahoisiin tehtäviin.

Esimerkkinä ohessa lukiolaisen mallintamat toisensa leikkaavat ympyrälieriöt ja tilanteessa syntyvä leikkauskappale. *Kahden 1-säteisen ympyrälieriön akselit leikkaavat toisensa kohtisuorasti. Laske lieriöiden yhteisen osan tilavuus.* (Kangasaho ym., Pitkä matematiikka 10: Tehtävä 257.)



Kuvio 4. Leikkaavat lieriöt, Teemu Arponen



Kuva 5. Peliohjaimen tuet, Kevyn Kollom

Vapaat mallinnusharjoitukset

Oppilaiden ja opiskelijoiden omiin intresseihin ja tavoitteisiin pohjaavat harjoitukset ovat erityisen antoisia. Näissä harjoituksissa luovat ideat muotoutuvat tulostuskelpoisiksi ja tulostusteknologian rajoitteet huomioiviksi malleiksi. Nykyisessä muovipursotusteknologiassa esimerkiksi ns. silta-pinnat ovat ongelmallisia ja tämä onkin huomioitava jo mallinnusvaiheessa. Omien ideoiden kautta oppilaat ja opiskelijat ovat toteuttaneet mm. puhelin- ja tablettelineitä, pelilautoja pelihahmoineen ja kohokuviotöitä itse kuvattujen valokuvien avulla.

3D-mallintaminen matematiikan opetuksessa ja opiskelussa

Teknologian vielä hieman kehittyttyä 3D-mallintaminen ja -tulostaminen kannattaa sisällyttää matematiikan opetukseen jo alakoulusta alkaen. Pitkäjänteinen hyvin suunniteltu työskentely monipuolistaisi matematiikan opetusta ja opiskelua ja kuten edellä jo mainittu, ke-

hittäisi oppilaiden abstraktia ajattelutaitoa sekä spatiaalista hahmotuskykyä. Tämä puolestaan tukee erilaisten matemaattisten ilmiöiden hahmottamista ja luo uutta pohjaa myös mekaanisen laskutaidonkin osaamiseen. Perusopetuksessa vuosittainen harjoittelu esimerkiksi vuosiluokilla 3-9 muodostaisi suhteellisen kattavan kokonaisuuden. Tämä olisi myös linjassa perusopetuksen vuonna 2016 voimaan astuvien Opetussuunnitelman perusteiden kanssa. Opetussuunnitelmassa kuvataan seitsemän laaja-alaisen osaamisen kokonaisuutta. 3D-mallintaminen tukee suoraan ainakin kokonaisuuksia *Ajattelu ja oppimaan oppiminen (L1)*, *Itsestä huolehtiminen ja arjen taidot (L3)*, *Monilukutaito (L4)*, *Tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen (L5)* ja *Työelämätaidot ja yrittäjyys (L6)* (Pops 2014, 31-39).

Teknologisen kehityksen seuraaminen koulussa

Suomen menestyminen hyvinvoinnin luojana ja ylläpitäjänä on pitkälti perustunut kykyyn omaksua ja kehittää uusia korkean tason teknologioita. 2000-luvulla yhteiskunnan teknologinen omaksumiskyky on kuitenkin olennaisesti hidastunut (Ahlqvist & Kuusi & Linturi 2013, 178). Tämä omaksumiskyky tulee palauttaa. Kouluilla on tämän tavoitteen saavuttamisessa suuri rooli. Kouluissa pitääkin seurata aktiivisesti teknologian kehittymistä ja tähän kehittymiseen on pystyttävä reagoimaan. Opetussuunnitelma ei saa olla tässä kehityksessä esteenä vaan pikemminkin tätä tukeva suuntaviivojen näyttäjä.

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnalle 2013 jätetyssä julkaisussa *Suomen sata uutta mahdollisuutta: Radikaalit teknologiset ratkaisut* on mittavasti kartoitettu yhteiskunnalle ja etenkin vientiteollisuudelle tärkeitä kehittyviä teknologioita. Julkaisussa kymmenen tärkeimmän kehittyvän teknologian tai sovelluksen joukosta löytyvät mm. avoin data ja big data, laajennetun todellisuuden välineet, yhteistyön ja yhteiskunnan pelillistäminen ja tavaroiden 3D-tulostus. (Ahlqvist ym. 2013, 181–185). Nämä kaikki ovat alueita, jotka koulujenkin on otettava huomioon opetusta ja koulutusta suunnitellessaan ja toteuttaessaan.

Lähteet

- Ahlqvist Toni & Kuusi Osmo & Linturi Risto (2013), Suomen sata uutta mahdollisuutta: Radikaalit teknologiset ratkaisut, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 6/2013
- The Blair Museum of Lithophanes, <http://www.lithophanemuseum.org>, luettu 11.11.2014
- Gartner (2014), Press Release August 19, 2014, Hype Cycle for 3D Printing 2014, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2825417>, luettu 11.11.2014
- Niilo Mäki Instituutti (2014), <http://www.nmi.fi/fi/oppimisvaikeudet/hahmottaminen>, luettu 11.11.2014
- Kangasaho, Jukka & Mäkinen, Jukka & Oikkonen, Juha & Paasonen, Johannes & Salmela, Maija & Tahvanainen, Jorma, Pitkä matematiikka 10 Integraalilaskenta, WSOY/Sanoma Pro
- Pops (2014), Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, Opetushallitus
- Pelkonen Tarja (2014), 3D-tulostus Kalevala Korun tuotannossa, FIRPA-seminaariesitys 13.5.2014
- Salmi Mika (2013), Materiaalia lisäävän valmistuksen lääketieteelliset sovellukset kirurgiassa ja hammashoidossa, Aalto University publication series DOCTORAL DISSERTATIONS 213/2013